心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 5, 866–886
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.00866

累积文化演化的内在机制：实验证据*

杨 蕾[1] 陈维扬[2] 白宝玉[1] 钟 年[1]

([1]武汉大学哲学学院心理学系, 武汉 430072) ([2]西南财经大学社会发展研究院, 成都 611130)

摘 要 累积文化演化(Cumulative Cultural Evolution, CCE)指随着时间推移, 通过个体或群体间的多种社会传递和修改创新, 人类文化在效率、功能、复杂性等方面发生了适应性的变化。单被试实验、"微社会"实验和计算机模拟是探索其内在机制的实验研究路径。复制、教学和创新是累积文化演化发生的三个重要基础, 复制与教学确保了文化信息能获得高保真度传递, 创新使改进后的文化信息更具适应性。文化信息在高保真度传递和修改完善的重复循环过程中逐步完成累积。总体上, 累积文化演化的边界条件可归纳为环境因素和主体因素两方面, 前者主要涉及任务难度、环境不确定性、群体规模、社会互动等, 后者主要涉及技术推理技能、认知灵活性、创新能力、社会身份等。未来研究可以检验新提出的实验室研究范式的可行性, 开展非技术文化演化的实验室研究, 以及结合"文化反哺"现象探索文化信息的上行传递在累积文化演化中的价值与意义。

关键词 累积文化演化, 文化变迁, 复制, 教学, 创新

分类号 B849: C91

1 引言

当今世界正处于百年未有之大变局, 变局之下的中国社会也正经历着日新月异的变化。在传统心理学研究中处于边缘地位, 常被视为控制要素的社会文化变迁逐渐成为研究者关注的焦点(Greenfield, 2013; Varnum & Grossmann, 2017, 2021)。在全球范围内, 个人主义日益流行, 传统集体主义相对式微, 这种趋势同时体现在个体和群体层面(黄梓航 等, 2018)。就国内而言, 半个多世纪以来, 国人的心理与行为(如文化价值观、人格特征、自我建构、人际信任等)也受到了快速社会变迁广泛而深远的影响(蔡华俭 等, 2020)。有关社会变迁的心理学研究主要回答社会与文化怎么变(变化的内容和方向)、为什么变(变化的原因)、以及如何变(变化的过程和机制)这几个核心问题(蔡华俭 等, 2023; Varnum & Grossmann, 2021)。"怎么变"的问题, 黄梓航等人(2018, 2021)和蔡华俭等人(2020)已进行了详细地综述, 姜永志和白晓丽(2015)也以文化的深层要素价值观为代表梳理了文化变迁中的价值观发展趋势。"为什么变"的问题, Varnum 和 Grossmann (2017, 2021)从生态学方法(ecological approach)的角度综述了导致文化变迁的行为生态学和社会生态学因素, 前者包括病原体流行率、人口密度、资源稀缺/丰裕性、战争威胁等, 后者包括种植模式、居所流动性等。总之, 上述生态因素的改变会引起人们长期以来所习得的价值观、规范、行为模式的适应性变化, 体现为文化变迁。至于"如何变"的问题, 持演化论的学者认为, 文化的演变遵循生物演化的规律从而表现为文化演化(cultural evolution) (Boyd & Richerson, 1985; Creanza et al., 2017a), Mesoudi (2017)认为: "就其本质而言, 文化演化是一个因选择、漂变、迁移及其它因素而改变的遗传变异过程。" 在文化演化的动力中, 文化漂变**对应随机因素的影响, 描述了文化演化的随机性, 除此之外, 文化选择等其它因素赋予文化演化以目的, 强调在人为因素影响下文化对环境

收稿日期: 2022-07-06
* 中央高校基本科研业务费专项资金资助(JBK2201052)。
通信作者: 陈维扬, E-mail: chenwy@swufe.edu.cn

** 文化漂变(cultural drift)指的是由于随机因素引起的文化变化。

的适应(Boyd & Richerson, 1996; Legare, 2019), 集中体现为文化演化的一个子集——累积文化演化(Cumulative Cultural Evolution, CCE)。累积文化演化是一种经过人们世代累积和接续创造的以适应环境为目的的文化演化形式, 早期被喻为“棘轮效应” (Tomasello et al., 1993), 因为这种形式的文化演化方向呈现出和“棘轮” (即朝着一个方向运动且不会倒转)一致的变化特征。同时相比其它物种, 这种“累积性”也是人类能在各种生态位中占据领先地位的重要原因(Brand et al., 2021; Dean et al., 2014; Henrich, 2015; Tennie et al., 2009), 由此可见, 累积文化演化对理解人类文化的独特性和社会文化变迁机制有着不可忽视的作用。

累积文化演化的定义经历了不断完善的过程。Tomasello (1999)的经典定义描述了累积文化演化的具体过程: “个人或群体首先发明了人工制品或习俗的原始版本, 后来的使用者进行了修改, 这种‘改进’被采用后可能历经数代都没有再被改变。在某个时候, 一些个人或群体又进行了另一次修改, 然后被其他人学习和使用, 如此循环往复。” 之后的研究者在此基础上进一步明确了累积文化演化的各项重要特征。Caldwell 等人(2016)认为累积文化演化是文化在效率性和功能性方面得到持续改善的过程, 其特征是行为随时间发生“棘轮”式的累积变化。近年来, 研究者也将复杂性作为累积文化演化的一个标志(Garland et al., 2022; Vaesen & Houkes, 2021; Whiten et al., 2022), 但在演化过程中文化究竟是变得更复杂还是更简洁尚无定论, 研究者们的共识是这取决于复杂或简单的文化特征是否具有适应性(Buskell, 2022; Dean et al., 2014)。

综上所述, 累积文化演化指随着时间推移, 通过个体或群体间的多种社会传递和修改创新, 人类文化在效率、功能、复杂性等方面发生了适应性的变化(Buskell, 2022; Caldwell et al., 2016; Mesoudi & Thornton, 2018; Tomasello, 1999)。随着学界对社会文化变迁的关注, 越来越多的研究者采用实验法对文化演化的“累积性”进行定量研究和分析, 这些精心设计的实验从微观角度模拟了文化信息迭代的过程, 进而探索了累积文化演化的内在机制。

研究累积文化演化的实验方法可以归为三类, 第一类为单被试实验法, 即用单个被试重复完成同一任务的数据来模拟信息在传递过程中的变化(Mesoudi, 2008; Mesoudi & O'Brien, 2008)。这一类实验设计可追溯到巴特利特的记忆实验(Bartlett, 1932), 实验的参与者学习完某内容后需要在不同的延时条件下反复地复述该信息。有证据表明, 用个体反复输出、不断更新的数据模拟出的结果与真实传递过程中的数据结果匹配和对比后, 显示出的变化趋势是类似的(Claidière et al., 2018)。此外, 研究者也会使用通过这种方法收集到的个体学习条件下的数据作为基线, 与社会学习条件下的数据作对比(Zwirner & Thornton, 2015)。第二类实验方法为社会学习条件下的实验法, 又称为“微文化”法(microcultures) (Jacobs & Campbell, 1961)或“微社会”法(microsocieties) (Baum et al., 2004), 其设计原理是在实验室条件下通过个体间的信息传递模拟文化在几代人中的传递过程, 包括传递链法、置换法和固定组法(Mesoudi & Whiten, 2008; 辛自强, 刘国芳, 2012)。其中传递链法是典型的线性链式设计, 同样可追溯到巴特利特的记忆实验(Bartlett, 1932)。该方法只涉及从上至下的单向信息传输, 实验中信息从第一名参与者依次传递到第二名、第三名……直到最后一名参与者。相比之下, 置换法更为复杂, 它更能体现出现实情境下文化传递的真实情形, 并能有效地测试后代成员是否相对于他们的前辈真正受益于所接触到的社会信息(Caldwell & Millen, 2008a)。该方法允许同一条链上的多名参与者同时进行任务, 且之前的参与者会被之后加入的参与者取代(Caldwell & Millen, 2008b), 比如任务时间为 10 分钟, 第一名参与者先进行 5 分钟, 然后第二名参与者开始, 5 分钟后第一名参与者结束任务后离开, 第三名参与者开始任务(此时第二名参与者仍在进行任务), 依次替换直到最后一名参与者完成任务。固定组法被用来研究小组成员对特定实验任务进行多轮尝试(每轮小组成员固定不变)后, 解决方案是否会产生累积性的提升趋势(Osiurak, Cretel et al., 2020)。第三类实验方法为数据建模研究, 比如通过建立迭代学习模型(假设学习者 n 根据学习者 n–1 提供的数据进行学习的计算机模拟研究)等方式演算数据的发展趋势(Navarro et al., 2018)。接下来本研究将基于这三类实证研究证据, 梳理累积文化演化的发生机制和影响机制, 并从研究范式的

创新、非技术文化演化研究领域和文化信息传递方向的拓展探索三个方面思考未来研究的方向，以期未来研究能从综合角度扩展对累积文化演化的理解并推进该领域的研究发展。

2 累积文化演化的发生机制

信息处理模式(如识别、收集和使用)是人类累积文化所必需的认知机制(Baldwin & Moses, 1996; Heyes, 2019; Tomasello et al., 1993)。根据经典定义(Tomasello, 1999)，从过程上看，文化信息在高保真度传递和修改完善的重复循环过程中逐步完成累积，因此，文化信息的传递和改进是累积文化演化的两个核心过程。文化信息的传递效果体现为信息的保真度，它是累积文化演化的基础(Lewis & Laland, 2012)，而复制与教学被认为是促进文化信息高保真度传递的代表性学习机制(Dean et al., 2012; Richerson & Boyd, 2005; Tomasello et al., 1993)。文化信息的改进意味着创新的产生，这对加速文化累积和发展有着重要意义，是累积文化演化的关键(Caldwell & Millen, 2010; Legare & Nielsen, 2015)。围绕文化信息的传递与改进，本研究重点梳理了促成累积文化演化发生的三个基础，即复制、教学与创新。

2.1 复制

“复制” (copy)是指通过行为将目标再现的过程，包括模仿(imitation)和模拟(emulation)两个子类。模仿被称为面向动作的复制(action-oriented copying)，针对目标是所观察到的动作，如制作陶器的过程；而模拟被称为面向结果的复制(results-oriented copying)，针对目标是行为的结果，如已完成的陶器(Caldwell et al., 2012; Wasielewski, 2014)。从研究脉络的发展来看，研究者最初关注的焦点集中于模仿，但在实验室研究中，模仿需要模仿者和被模仿者同在，一方面成本较高，另一方面未能反映出只能查看前辈结果的文化传递情形。于是，研究者们在后来逐渐注意到模拟在累积文化演化中的作用(Caldwell et al., 2012; Caldwell & Millen, 2009)。

实验室证据显示累积文化演化在模仿传递链和模拟传递链中均会存在。Caldwell 和 Millen (2009)在实验中让参与者于 5 分钟内制作一架尽可能飞得远的纸飞机，研究者将社会信息分为有关动作的信息(观察纸飞机制作过程，允许模仿)；有关结果的信息(检查完成的纸飞机并查看飞行距离，允许模拟)，这 2 类信息通过组合形成了 3 种实验条件(仅动作组，仅结果组，动作和结果组)。每种条件下有 10 条传递链，每条链 10 人(象征着 10 代人)，每条传递链的下一位参与者根据所在传递链条件的不同，会接触到来自于上一位参与者的不同信息，比如在仅观察动作的被试组，参与者在开始前可以有 5 分钟时间观察上一位参与者的制作过程。在仅观察结果的被试组，参与者能有 5 分钟时间查看上一位制作的纸飞机成品和飞行结果。在同时观察动作和结果的被试组，参与者能同时参与上述 2 个流程，时间同样是 5 分钟。研究结果显示 3 种条件下都存在文化的累积改善现象，且这 3 种传递链的累积文化效果不存在显著差异，也就是说结果复制和动作复制都能促进累积文化演化。

但是，随后的研究挑战了这一结论，研究者发现结果复制和动作复制并不一定都能促进累积文化演化。例如，Wasielewski (2014)用置换法让参与者用芦苇、粘土和木支架建造承重设备。在实验中，参与者被分配到一种非社会学习条件或三种社会学习条件之中。非社会学习条件下，参与者既没有看到他人已完成的产品，也没有看到构建产品的行为；三种社会学习条件与前述 Caldwell 和 Millen (2009)的实验相同。结果显示，只有看到构建过程的传递链显示出累积改善趋势，而仅看到成品的传递链并未显示出累积改善趋势。这说明结果复制和动作复制对促进累积文化演化可能存在着不同的边界条件。

2.2 教学

前面讨论的模仿或模拟都属于观察性学习，但观察性学习可能会面临学习目标难以掌握的问题，比如学习者并不清楚产品的内部原理等(Csibra & Gergely, 2011)。而教学(teaching)可以更有效地传递相对成熟的知识，使文化学习过程变得更容易，进而使文化传递过程更加高效(Kline, 2015)。

有研究者通过一项石器制作实验(使用锤石敲击另一块岩石创造出锋利的锤片)验证了教学对文化学习的影响。具体而言，参与者被分为 5 组，其中成品组的参与者只能看到导师已经制作好的锤片，观察组的参与者只能观察导师制作锤片的过程，基础教学组中的导师在制作过程中可

以放慢速度等以便参与者学习，但不涉及言语及非言语沟通，手势教学组中的导师与学生参与者可以进行手势互动但不能言语交流，口头教学组中的导师和学生参与者可以进行言语交流。制作完成的锤片会从总体质量、制作数量和制作速度等方面进行评估。研究结果显示，教学是传递锤片制作技能最有效的方法，只有在手势互动和口头教学条件下，锤片的总体质量才显示出明显的改善(Morgan et al., 2015)。

还有研究进一步发现教学相比其它社会学习机制(如复制)和个人学习具有一定优势。Zwirner 和 Thornton (2015)让参与者在 5 分钟内用剪刀、报纸、木棍等 13 种材料制作一个能运送大米的篮子，以装载大米的重量为评价指标。参与者被随机分配到以下四种实验条件中：模拟(可观察上一代人制作完成的篮子)、模仿(可观察上一代人制作篮子的过程)、教学(完成篮子制作的成员可与下一代制作者沟通)和个人学习(单独完成篮子制作)。前三种条件属于社会学习组，每种条件下有 10 条传递链，一条传递链由 6 人组成。第四种为非社会学习组，一共 10 人，每人连续制作 6 个篮子，单人形成一条传递链。结果表明，虽然篮子性能在四种条件下都显示出累积性改善，但是社会学习条件优于非社会学习条件，模仿和教学条件的保真度优于模拟条件，重要的是，教学条件下的篮子更为牢固，尤其在传递链最后一代中优势明显。

但是，也有研究者发现，教学在某些任务中的优势可能并不突出。计算机模型分析显示虽然教学条件比非教学条件在累积文化背景下有更多的适应性，但如果学生可以很容易地靠自己获取信息，那么教学就不再重要(Fogarty et al., 2011)。还有研究者认为教学对技术文化累积的影响可能被高估了(Osiurak & Reynaud, 2020)，因为有关狩猎采集的民族志报告显示，教学并不比观察学习有优势(Hewlett et al., 2011)。另外还有一些实验室研究显示，包括教学在内的社会学习并没有比个体学习更能推进文化累积发展(Mesoudi, 2008; Osiurak, Cretel et al., 2020)。这些彼此不一致的研究结论提示我们教学在累积文化演化过程中发挥作用的相对优势可能也存在相应的边界条件。

2.3　创新

根据 Tomasello (1999)的经典定义，累积文化演化不仅包括文化信息的传递还包括文化信息的创新，高保真度的文化信息传递是文化信息创新的基础(Galef Jr, 1988; Heyes, 1993)。尤其在技术文化领域，创新被视作累积文化演化的助推器(Legare & Nielsen, 2015)。因此，在肯定了复制和教学是累积文化演化过程中重要发生机制的同时，很多学者也强调了创新对于累积文化演化的必要性(Caldwell & Millen, 2009; Perry et al., 2021)。当一个人或群体随机地产生出从未有过的行为或产品时，这个新颖的行为或产品被称为发明。当发明成功通过群体传播并成为稳定的群体特征时，便产生了创新(Perry et al., 2021)。

文化演化过程不仅类似生物演化，且在演化过程中也遵循生物演化的遗传、变异和选择原则(Dawkins, 1976; Mesoudi, 2016; 陈维扬，谢天，2020)。创新即是在前人基础上进行文化信息的修改，体现了选择和变异原则。首先，文化信息的创新意味着在前人基础上选择性保留部分信息。Saldana 等人(2019)以人类儿童和猴子为对照，通过在传递链中要求被试创新(前后相邻的两个参与者不能做出同样的选择)，探究了累积文化演化的关键条件。研究者在两种群体里分别设置了 9 条传递链，每条传递链包括 10 代(10 个个体)。参与者在触屏设备上先观察到一个 4×4 的白色方格图，其中有 4 个被标记的方格是上一个参与对象的触摸位置(第一代参与者看到的是随机生成的 4 个)。400 毫秒后，标记的方格消失，呈现全白方格图供参与者选择，参与者须选择与所看到的标记方块不同的另外四个方块以获得奖励。研究发现相比传递链前端的参与者，后端参与者获得奖励的概率提升，即两种群体的传递链都能显示出累积文化演化的基本特性。然而，儿童传递链中发展出了一套特定的选择模式，即在传递链末端的几代人都倾向于选择一列竖排的方格，也就是说儿童选择复制前人的结构，但在位置上创新以获得奖励。

其次，文化信息的创新会带来文化结构或特征的改变。Scott-Phillips (2017)在实验中要求参与者进行信息传递，具体任务是让参与者在一张纸上绘制所看到的图像。初始图像刺激分为两种，一种是书写规范的“ABC”三个字母，另一种是随机排列的无序笔画组合。每条传递链由 7 人组成，传递链中的第 1 个参与者看到的是初始图像刺激，第 2 人看到的是第 1 人绘制的图像，第 3 人看到

的是第2人绘制的图像，以此类推，直到7代人结束。复制条件下，绘制过程中上一代完成的图像会一直存在；重构条件下，看到的图像两秒后就被移除。研究结果显示，在复制条件下，两种刺激图像传递结果没有差异。在重构条件下，无序组合图像在保留了其基本形式的基础上以一种更简化的方式传递了下去。也就是说创新降低了传递者的认知负担，记忆材料变得更加简洁。这也验证了巴特利特著名的记忆实验研究结果(Bartlett, 1932)。

总的来说，不管是对特定结构的偏好还是对记忆材料的简化，创新都使文化信息拥有了更强的适应性。通过创新，改善后的文化信息进入下一轮的高保真传递直到再次被修改(Mesoudi & Thornton, 2018; Tomasello, 1999)。复制与教学解释了在累积过程中重要的文化信息是如何从先代传递到后代的，这些社会学习机制能确保信息获得高保真度传递，同时这种传递方式也为创新提供了条件，使个体或群体在当下所做的修改可以被下一代习得，通过世代的传递和改进促进了文化的累积性发展。

3 累积文化演化的影响因素

在前面的论述中，研究者们在模拟和模仿、教学和观察背景下得到了一些不一致的结果，这些结果也引起了讨论，比如模拟传递是否真的能推动文化的累积发展，教学在什么条件下更能发挥优势，基于信息保真传递的创新会受到何种影响等。重要的是，这些结果提示累积文化演化是一个环境和行为交互作用的复杂动态过程(Boyd & Richerson, 1996)，在这个过程中，信息的传递和修改会受到多种因素的影响，这些因素不仅源于传递信息的环境也源于传递信息的主体，深入探索这些影响因素有助于理解累积文化演化这个动态过程的内在机制。本研究将相关因素分为两个方面，有关传递环境和条件的因素称为环境因素，有关传递者和接受者本身的因素称为主体因素。下面本研究将从这两方面介绍这些影响因素及其作用机制。

3.1 环境因素

3.1.1 任务难度

影响文化信息传递的一个重要环境因素是任务难度水平，也被称为任务的认知透明度。Csibra 和 Gergely (2011)认为人类的某些人工制品和工具性行为比较复杂，难以“一眼探查究竟”，因此从比喻的意义指出它们具有“不透明性”，这种不透明性可分为目的不透明性和因果不透明性。具体来说，当查看已完成的最终产品时，如果不能推理得出产品的功能和用途，则该产品被认为是目的不透明的，如果不能通过逆推得出重建该产品的操作步骤，则该产品被认为是因果不透明的。

之所以模仿和模拟在不同实验中对累积文化演化的促进作用呈现出不一致的结果，Wasielewski (2014) 认为这受制于实验任务的难度水平。他认为 Caldwell 和 Millen (2009)的纸飞机实验任务属于高认知透明度(难度较低)，所以才能通过模拟完成累积文化演化，但是在低认知透明度(难度较高)任务中未必能得出同样的结论。高认知透明操作任务有三个特点，首先容易逆向操作，可从最终产品逆推出制作过程；其次，产品的重要功能性特征是可见的，比如纸飞机的飞行功能；最后，参与者对产品的熟悉度高，比如折纸活动比较简单且常见。其它研究使用认知不透明的计算机虚拟任务来比较模仿和模拟条件下的传递效果，结果也发现能够观察到行为过程的群体更具优势(Derex, Godelle et al., 2013)。

任务难度因素除了为模仿和模拟的争议提供解释外，也会对不同社会学习机制下的累积文化演化产生影响。在复杂任务中，教学显现出对累积文化演化的明显促进作用。Lucas 等人(2020)让参与者制作一个能装载弹珠的工具。认知不透明任务(困难任务条件)为用 30 根毛线裹着的铁丝制作该装载工具，铁丝具有可塑性，可以以多种不同方式连接在一起，铁丝之间的交织方式因为毛线遮挡让人难以看清。认知透明任务(简单任务条件)为用一张防水纸折出能装载弹珠的纸盒子。研究设计为 4 (模拟、模仿、教学和个人学习) × 2 (认知不透明任务和认知透明任务)实验。3 组为社会学习条件(模拟、模仿和教学)，每组 20 条传递链，其中 10 条为认知不透明任务，10 条为认知透明任务。剩余 1 组为非社会学习组，一共 24 人，每种任务难度各 12 人，每人连续制作 10 个工具，单人形成一条传递链。研究者发现两种任务难度下，传递链都显示出累积改进现象。具体来说，简单任务中的 3 种社会学习条件之间结果没有差异，但在复杂任务中，教学条件传递链显现出明显优

势。计算机数据模型分析结果也对此提供了支持，研究者开发了一个不断变化的累积文化演化模型，模型中设置了三种促进文化变化的条件：模仿、教学和创新。模拟多代文化传递后，模型显示累积文化系统产生了越来越多的适应性行为，但随着行为变得越来越复杂，模仿不再产生促进作用，但教学继续推动着文化的累积发展(Castro & Toro, 2014)。

因此，在累积文化演化过程中，根据文化产品和工具性行为的不同复杂度，各类社会学习机制的优势也不同。首先，关于模拟和模仿的争议，在简单任务中，对于文化传递的下一代来说，两种复制方式结果在保真度上不会有显著差异。但是当面对困难任务时，能从上一代获取直接有助于任务操作的信息就极为重要，因此，在这种条件下，模仿的保真度优于模拟。其次，关于教学与复制的促进作用比较，对那些认知复杂度低的文化，复制可以避免丢失重要细节。但是对那些认知复杂度高、难以自行学会的文化，复制变得困难，因为加工这些内容需要消耗大量认知资源，所以通过教学能在短时间内完成几代人经验的累积，更好地处理问题。

3.1.2　环境不确定性

除任务难度外，完成任务的环境确定与否也会影响文化的累积演化过程。当个体无法判断决策是否正确时，对社会信息的依赖性会增加(Deutsch & Gerard, 1955)，基于演化视角的社会学习模型发现，不确定的学习环境使群体内的行为趋于同质(Acerbi et al., 2012)。

首先环境不确定性会促使个体积极地寻找社会信息作为参考。研究者采用计算机模拟农场种植游戏的方式探索了环境不确定性(作物产量会随种植环境和农场的不同而变化)对个体决策的影响。研究者假设当环境具有不确定性时，参与者会更倾向于从环境中寻找线索，从而增加社会学习的概率。参与者被分为 8 个 4 人组、3 个 5 人组、1 个 6 人组，并被告知环境波动在群体内同时发生，以及做决策时可参考组内成员信息。实验中的每位参与者有 6 个农场，面临 20 种不确定的种植环境，即参与者需要做出 120 次选择。实验结果显示在不确定环境中，当收益差异增大时，参与者会更频繁地查看组内成员的决策信息(McElreath et al., 2005)。

其次，环境不确定性使个体更为忠实地保留接触到的社会信息。Caldwell 和 Millen (2010)通过创造两种条件的传递链来考察环境不确定性对累积文化演化的影响，参与者被要求用生面条、黏土和托盘建造黏土塔。即时测量条件下，在参与者建造完成后立即测量塔高；延迟测量条件下，参与者被告知他们的塔会延迟 5 分钟测量，并会被移动到风扇气流范围内，这会带来极大的不确定性。每种条件下 10 条传递链，每条传递链由 10 人组成。研究结果显示虽然两种条件下的塔高都有增长趋势，但只在即时测量条件下产生了显著的累积性改善，且在延迟测量条件下，每条传递链内的黏土塔相似性更高。因为延迟测量意味着情况的不确定性，参与者没有足够的信息判断自己的创新是否有效，所以他们偏向于保守地复制前人的设计，阻碍了创新的产生。在另一项搭建黏土塔的实验中，参与者被随机分配到 20 条传递链中的一条，每条链五名参与者。研究者首先向每条链中的第一个参与者展示两张成品塔的照片，向第二个参与者展示其中一张成品塔照片和第一位参与者建造的塔楼照片，从第三个参与者开始展示相邻的前两个参与者建造的塔楼照片。在确定条件下，参与者被告知奖励比例仅与塔高相关，因此参与者在搭建完成后可直接估计收益。在不确定条件下，参与者被告知搭建完成后他们需要离开实验区，而他们的塔将进行约五分钟的额外测试，如果塔未能通过测试，奖励会相应减少，由于测试的标准并未公布，参与者无法直接估计自己的报酬。以初始照片作为参考标准，结果显示在不确定条件下，参与者所构建的黏土塔相似性更高(Caldwell & Eve, 2014)，也就是说在回报不可预估的情况下，参与者更倾向于较少修改前人的设计。

不过有趣的是，与社会环境实验室研究结果不同，计算生物学领域的模型从宏观方面探索了环境波动对文化复杂性的影响，模型结果显示，当环境变化率较高时，恶劣环境中的群体必须不断创新以跟上环境变化，文化复杂性随着环境变化率的增加而增加(Fogarty, 2018; Fogarty & Creanza, 2017)。之所以会出现以上不同的研究结论，可能与社会环境和自然环境从不同方面通过创新影响累积文化演化有关。因此实验室研究从微观层面得出的结论需要谨慎迁移到宏观层面，

同时也提醒将来还需要更多微社会实验证据来探寻环境不确定性与文化累积之间的内在关系。

3.1.3 群体规模

人口规模和结构会影响文化信息的传递(Derex & Mesoudi, 2020; Kirby & Tamariz, 2022)。早期研究者已提及人口统计学记录是对文化变化的一种潜在解释(Cavalli-Sforza & Feldman, 1973; Neiman, 1995), 已有实验室研究显示更大的群体规模对累积文化演化有着积极影响(Bromham et al., 2015; Creanza et al., 2017b; Derex & Boyd, 2015)。之所以产生这样的促进作用, 一方面是因为足够多数量的群体成员能提供更多的参考信息。传递链研究显示, 在图像编辑和攀岩绳打结的技能任务中, 比起只能参考 1 位前人信息的传递链, 能同时参考 5 位前人信息的传递链中最后一代成员的表现更好(Muthukrishna et al., 2014)。另一方面, 成员较多的群体能够更有效地保存文化, 避免文化在传递过程中受损丢失。在一项构建虚拟文化产品的计算机模拟研究中, 366 名参与者被随机分配到不同人数的小组中(2、4、8 或 16 名参与者), 每位参与者有 15 次实验机会, 每次都能选择构建一个箭头或渔网, 箭头的性能仅取决于其形状, 渔网的性能取决于其形状和参与者是否遵守了建造规则。每个任务开始前玩家可以查看对应任务的演示视频, 研究者通过计算小组内箭头或渔网制作任务的完成情况来判断文化多样性的保存程度。研究结果显示, 在大规模群体中, 随着实验次数的增加, 参与者建造出的文化产品性能更好, 文化技能丢失概率更低, 文化特征多样性保存得更好(Derex, Beugin et al., 2013)。总的来说, 丰富的参考信息让参与者在学习过程中有机会重新组织文化特征(即创新) (Muthukrishna & Henrich, 2016)。

但群体成员过多可能也会抑制累积文化演化(Cantor et al., 2021; Fay et al., 2019)。首先从文化信息本身看, 高频率的信息交换会加速文化同质化(Derex et al., 2018; Nelson et al., 2011)。研究者在实验中给参与者提供了 6 种不同的药物成分, 这些成分可以自由组合生成不同的药剂以清除病毒。参与者被分为 6 个大组, 每组 6 人, 每个参与者有 72 次实验机会。在高信息交换水平的组中, 参与者可以查看自己所在组其余 5 个组员的实验结果。在低信息交换水平组中, 6 人大组被分为两人一组的 3 个小组, 参与者只能查看自己所在小组另一人的结果信息。结果显示, 高信息交换水平组个体更有可能聚焦于相似的解决方案, 这导致其与低信息交换水平组相比产生了较低水平的文化多样性和较慢的创新率(Derex & Boyd, 2016)。用计算机模型模拟信息交换水平对累积文化演化影响的研究也发现, 增加社会群体的互动性会阻碍文化重组和创新传播, 从而降低文化累积发展的速度(Cantor et al., 2021; Migliano et al., 2020)。其次, 从学习者的角度看, 信息加载过量会增加学习者的认知负担, 从而影响传递效果(陈维扬, 谢天, 2020)。已有纸飞机传递链实验研究结果显示, 每“代”2 人和每“代”4 人的传递链到了后期, 纸飞机飞行距离的增加程度不如每“代”1 人的传递链(Fay et al., 2019)。

综上, 实验室证据显示只有适度的人口规模才能促进累积文化演化。当人口规模过小时, 参考信息的匮乏会阻碍文化的创新; 当人口规模过大时, 学习者因为信息过载未能恰当地选择和处理信息, 最后也会影响到文化的累积效果。至于如何解决人口规模扩大阻碍累积文化演化的问题, 综合目前研究结果(Migliano et al., 2020; Schimmelpfennig et al., 2022), 本研究认为可以在人口规模增加时, 引导个体专注于能力范围内的少数人领域, 提高细分领域的知识专业化水平, 以此来保持文化的多样性, 为文化创新提供土壤。

3.1.4 社会互动

文化信息的传递具有选择性, 并非所有信息都能被接受, 而社会互动正好可以为个体提供通过发挥主观能动性对社会信息进行采集和探索的机会。借由社会互动, 个体对社会信息进行的合理解释和利用可以促进文化的累积发展(Dunstone & Caldwell, 2018; Heyes, 2016)。

首先, 社会互动有利于在传递过程中保留更多的文化信息细节。在一项传递故事文本的微社会研究中, 研究者设计了 16 条传递链, 每条传递链 4 人。其中 8 条为社会互动条件, 第一名参与者有 5 分钟来阅读故事, 之后与第二名参与者在不受干扰的情境中进行故事传递和讨论, 第二名参与者再将故事传递给下一名参与者。另外 8 条为非社会互动条件, 参与者阅读完故事后, 口头回忆文本并用录音机录下, 然后将录音文本传递给下一名参与者。研究结果显示两种条件下都出

现了故事细节的减少和错误信息的增多，但是总体上互动条件下保留的故事信息在数量和准确性上都要高于非互动条件(Tan & Fay, 2011)。Fay 等人(2018)通过指路的传递链实验也发现累积文化演化效应在互动组(能向指导者提出关于路线的疑问并得到答复)的准确性显著高于观察组(只能被动接受指导者给出的路线指示)。在社会互动中，学习者有机会去澄清问题以解决困惑，这有助于提高文化传递过程中的信息保真度。

其次，在互动过程中信息获取者可以尽可能收集多方信息，并且从中确定可靠的信息来源。Blakey 等人(2021)让 3~8 岁的儿童参与者在连续的互动任务中确定四种示范者(成年男性或女性，男孩或女孩)、两种演示材料(指导视频或无关视频)和两种操作工具(有效钥匙或无效钥匙)中哪一种可以为解锁盒子提供关键信息。结果显示随着年龄增长，儿童选择有效指导视频和钥匙的概率更高，研究者认为这种在社会互动过程中发展出的社会信息寻求能力对人类独特的累积文化发展有着重要意义。近期一项涉及 3450 名参与者的大型认知算法传递链研究发现，当参与者可以选择向谁学习时，复杂的文化信息得以保存(Thompson et al., 2022)。研究者设计了一个认知任务，让参与者在计算机上对六张图片进行排序(每张图在程序后台都被赋值)，参与者随机选择其中两张图片，若背后的值是从小到大，系统不会弹窗，若相反，系统则会自动交换两张图片的位置，一直到所有图片的顺序全部确定好。实验结束后，参与者被要求写出完成实验的经验总结，最终程序会根据任务完成时间、无效动作频次等判定分数并直接与实验报酬挂钩。接下来下一位参与者进行实验，视为传递链中的第 2 代(实验一共传递 12 代，每代有 15 人同时进行实验)。值得注意的是，除第一代只能自己根据提示思考图片顺序外，后面各代均可通过单击前代的头像按钮查看前代的参考信息(经验总结)，此时实验条件分为两种，在第一种条件下，参与者可以点击之前参与者的头像按钮获取他们的报酬金额，并可依据该信息选择阅读经验总结的对象(基于表现来选择参考对象)，而第二种条件下参与者点击头像按钮只能获取之前参与者的编号，然后选择阅读经验总结的对象(由于没有金额的参考信息，参与者实际上只能随机选择参考对象)。研究结果显示随机条件下的参与者得分显著低于基于表现的选择条件，说明即使同为社会互动，互动对象的选择也至关重要，它能使人们获得相对有益的社会信息，并通过代际的累积增加稀有创新算法的出现概率。

总的来说，社会互动为人类能够在各种背景下灵活地识别、选择或筛选社会信息创造了条件，在文化累积发展的过程中，那些被选择的信息能得到最大程度的高保真传递。在传递过程中通过对这些信息的修改完善，人们可以更有效地解决问题以提升文化适应性。

3.2　主体因素

3.2.1　技术推理技能

文化信息的传递离不开传递主体本身，无论是忠实的传递还是改进性的传递，传递主体对信息的加工和处理都是关键。如前文所述，面向结果的复制也能产生累积文化演化(Caldwell et al., 2012; Caldwell & Millen, 2009)，这显示出参与者能从结果进行逆推的能力，其中重要的认知因素是技术推理技能，即理解物理结构和运行机制的能力。技术推理技能被认为是技术累积文化领域的核心非社会认知因素(Osiurak & Reynaud, 2020)。此外，因为在困难任务中教学机制的突出优势，心理理论技能这个认知因素也被关注(Mackintosh, 2020)。该技能指的是教师对学习者意图和感受的心理表征，它有助于教师为学生提供及时的、富有针对性的反馈(de Oliveira et al., 2019)。研究中对参与者技术推理技能和心理理论技能的测量一般采用测验的方式，比如技术推理技能的测验有：在四张图片中选择最容易钉住的钉子，或在四个 3D 几何形状中选择给定的 2D 平面图对应选项。心理理论技能的测验有：在四个单词中选择能最恰当描述照片中人物感受的一个，或在三张图片中选择能与三幅连环画配对的一张，使画中人物的动作合情合理。

已有微社会研究发现在观察和口头教学条件下，参与者的技术推理技能比心理理论技能更好地预测技术领域文化的累积表现(Osiurak et al., 2016)。为进一步探索两种认知因素的作用机制，研究者让教师和学习者置身于不能面对面交流的情境中。实验任务是用 15 根金属丝建造塔楼，每名参与者先是学习者角色，然后是教师角色，所有条件下“教师”与“学生”都背对背坐着完成任务。实验条件分为三种(监控条件、双盲条件、控

制条件)，监控条件下，“教师”可以通过显示屏看到“学习者”的操作过程，并给予口头指导。双盲条件下，“教师”与“学习者”只能背对背沟通。以上这两种条件下各 10 条传递链，每条链由 10 人组成。控制条件下共 10 人，每个参与者单独重复建造 10 次塔楼。研究结果显示，监控条件下文化累积效果最好，重要的是，技术推理技能可预测两种实验条件下的累积表现，而心理理论技能只在双盲条件下有较好预测力(Osiurak, de Oliveira et al., 2020)。这说明在技术累积文化领域，技术推理技能的预测力作用更广泛。但是在特定环境(如需要换位思考、理论讲授等)中心理理论技能也是不可或缺的。比如，在换位思考环境中的个体有着更高的心理理论水平(Goldstein & Winner, 2012)，再如，在理论教学中，建筑学系的学生在课堂向老师请教如何建造一架可以抵御台风的跨海大桥，此时心理理论技能使教师能够准确地理解学生问题，并根据学生情况清晰地传授相关理论知识。

另一项探索学习对象选择策略的研究进一步验证了技术推理技能的重要性。研究者采用固定组法创建了一个封闭式的微社会，并在技术任务背景下确定了三种类型的学习对象：教育者(具有高心理理论技能)，工程师(具有高技术推理技能)和朋友(具有高社会亲和性)，目的是探索在信息传递过程中个体会优先向谁学习。研究者设立了 20 个实验小组，每组 6 名成员，每个小组成员首先被要求在单独房间内用金属丝建造一座塔楼，然后各组成员聚集在一起讨论增加塔高的最佳方案，讨论时间为 4 分钟，讨论目的为分享自己的建造方案以保证组员都能建造出尽可能高的塔楼，讨论之后各成员再分别新建造一个塔楼。依此类推，总共经历五轮讨论和六轮建造。研究者对参与者的吸引力进行评价(在小组中参与者的建筑方案被采纳越多则参与者的吸引力分数越高)，搭建实验结束后参与者接受了心理理论技能、技术推理技能和亲社会性的评估，评估结果将用来预测参与者的吸引力。总体结果显示塔高数据呈现出代际增加，但是分析发现只有技术推理技能才能预测吸引力分数，即小组成员倾向于选择具有高技术推理技能的成员作为学习对象，且技术推理技能也是塔高的重要预测因子(Osiurak, Cretel et al., 2020)。

这些发现似乎预示着技术推理技能这类高级认知技能对促进文化累积有着明显优势。不过，也有其他研究者的结果对此提出了挑战。Derex 等人(2019)基于车轮动力学设计了一个复杂的计算机任务来探究工程产品在几代社会学习者中逐渐优化的过程。在实验 1 中，研究者设计了 14 条传递链，每条传递链有 5 人，链上的每个参与者都会进行五次实验。实验中参与者要建造车轮和轨道，并使得车轮以最快速度驶过轨道。参与者最后两次的实验配置数据将被传递给链中的下一个参与者，实验结束后研究者对参与者的车轮动力原理理解力进行了测试，以评估其因果推理能力。实验 2 同样运行了 14 条 5 人组的传递链，实验流程与实验 1 一致，只是传递给下一代的信息除了实验配置数据，还有上一代参与者写下的对这个实验涉及的物理原理的理解。数据分析显示，实验 1 和 2 的传递链在配置数据方面都得到了显著优化，即车轮的行驶速度随着传递链的进行而加快。但是在两个实验中参与者对车轮动力原理的理解并没有显示出累积性的提升，也就是说技术和技术背后的原理在累积上可能呈现出不同的趋势，该研究启示我们，技术推理技能和任务难度在影响累积文化演化过程中的交互作用有待进一步思考和探索。

3.2.2 认知灵活性

虽然社会学习在累积文化演化过程中的重要性已被多次证明，但仍然存在一些情况(比如简单任务情境或者社会信息过载情境)使得某些社会学习并不具有明显优势，这时候切换不同学习方式的能力很好地体现了个体的适应性(Kendal et al., 2005; Miu et al., 2020)，个体可以选择不同的社会学习策略和学习对象(Kendal et al., 2018)，这些切换和选择都与个体认知灵活性密切相关(Davis et al., 2022)。人类的这种灵活探索能力被解释为一种适应机制，能使个体在成长过程中获得更多的认知技能，包括创新(Gopnik et al., 2017)。因此，认知灵活性对促进创新和人类文化独特性的发展来说具有重要意义。

认知灵活性在问题解决中被定义为在掌握了旧的解决方案后，通过创新或社会学习，产生新的解决方案的能力(Lehner et al., 2011)。认知灵活性使个体能在多种解决方式中选择较优的解决方案，或者改变行为以适应新的环境，以此来提升完成任务的效率，这也被证明是人类区别于其它

物种能在文化上发展出独特性的原因之一。关于黑猩猩觅食的研究发现动物的认知灵活性有限，当实验条件改变时，黑猩猩仍然会继续尝试之前使用过但是已经失效的解决方案(Harrison & Whiten, 2018)。通过累积文化拼图盒实验(累积文化拼图盒是一个机关盒子，参与者通过拨盘、按钮等机关可以完成循序渐进的 3 阶段任务，每阶段任务通过后都能获得相应奖励)，研究人员发现，比起卷尾猴和黑猩猩，儿童能够灵活地采用模仿、教学等社会学习机制逐步解决问题(Dean et al., 2012)。元分析也显示儿童可以依据互动对象的社会特征选择性地获取有用的社会信息(Tong et al., 2020)。

另外的累积文化演化实验发现个体会根据不同情境切换信息来源以使收益最大化。Mesoudi (2008)用计算机模拟了一个远古狩猎场景，参与者的任务是为特定的狩猎环境找到最佳箭头设计以获得更高分数。参与者被随机分配到 8 个 6 人组和 2 个 5 人组中，每个参与者在模拟的三个赛季中分别有 30 次狩猎机会，且每五次狩猎后(即第 6、11、16、21 和 26 次)小组参与者都有机会复制组内其他成员的设计。第 1、2 赛季为无复制成本条件，第 3 赛季为高复制成本条件(参与者可以自行设置自己产品的访问成本，其他参与者必须用得分支付费用才能查看其箭头设计)。研究结果显示，只有 36%的参与者选择在第 3 赛季中查看最成功的小组成员，而第 1 赛季中这样做的参与者比例为 76.8%，第 2 赛季中为 81.4%，因为第 3 季排名靠前的组员设置的访问成本过高，小组成员转为复制排名第二的组员。这种平衡支出和成本的做法可以确保个体在多次尝试中利益最大化，充分体现了个体在处理问题过程中的灵活性和适应性。

3.2.3　创新能力

创新是文化修改的结果(Perry et al., 2021; Tomasello, 1999)，文化信息在传递过程中被修改，出现了与之前不一样的行为或产品以帮助后代更好地适应环境。研究发现，拥有高创造力的个体能够在前人基础上做出更多的改变，且他们的创新能得到更广泛的传播(Miu et al., 2020)。研究者采用在线编程竞赛的数据探索了现实情境中累积文化演化的具体过程。在实际编程竞赛中，参赛者可以参加多场比赛，同时个人提交的有效参赛作品会被公开，其他用户可以访问作品的代码细节和得分。研究者分析了 19 场比赛 45793 份参赛作品后发现，首先，那些在优秀作品基础上进行个人改进的参赛者更有可能成为后来的领先者；其次，领先者的参赛作品会被更多人复制或参考，甚至在接下来新的比赛中参赛者并没有领先的情况下，其新作品也具有较强的影响力；此外，比起机械的复制(复制其他参赛者作品且无改进)与个体独创(独立设计自己作品无借鉴)，在前人基础上进行创新的信息更有可能获得传播。

另一个值得关注的问题是创新能力在非技术文化领域中的解释力。如前所述，大多数实验室研究集中在技术文化领域，并发现了技术推理技能的重要作用(Bluet et al., 2022; Osiurak et al., 2021)，而非技术领域的文化累积却较少得到研究和讨论。Mesoudi 和 Thornton (2018)在细化累积文化演化概念定义时提出“美学吸引力”可以作为累积改善的衡量标准之一。但是另外的研究者回顾了多个有关审美的文化演化研究发现，一件作品的“审美价值”与观众本身的审美体验有关，美的标准因人而异，难以统一，这意味着描述和确定随着时间推移而演变的美学文化特征较为困难(Sinclair et al., 2022)。因此，对于美学领域的累积文化演化研究亟需找到一个可切入的方向。有研究者在实验室的微社会环境中探索在口头教学和观察条件下，技术推理技能、心理理论技能、创造力和流体认知技能对用铁丝搭建塔楼任务的影响，同时研究者还让参与者对塔楼的美学吸引力打分(de Oliveira et al., 2019)。教学和观察条件下各 10 条传递链，每条链由 10 人组成，控制条件下有 10 人(每人重复建造 10 次塔楼)，塔楼被搭建得越高越好。实验结束后每个参与者都要接受 4 种认知技能的测试。结果显示技术推理技能是两种微社会实验条件下塔高的最佳预测变量。有趣的是，由高创造力的参与者搭建的塔楼尽管不是最高的，但却具有较高的美学吸引力，这表明人们可能会被有创造力的人创作的作品所吸引。结合这些研究结果，本研究推测主体的创造力可能是研究非技术领域，尤其是美学、文学领域累积文化演化的突破口，比如，高创造力的传递主体带来更有影响力的作品，这样的作品被复制的概率更高，更有利于之后的高保真传递。未来研究可以参考这个思考方向进行进一步的探索，开展更多的实证研究。

3.2.4 社会身份

随着社会规模越来越大，成员之间的联系越来越复杂，社会身份的重要性就逐渐凸显了出来。首先，从宏观角度看，根据社会身份可以区分出不同群体，反映出不同的群体特征，不同群体特征的形成也是文化累积演化的结果(Moffett, 2013; Smaldino, 2019)。研究显示在发达城市或者大规模的社会中，人们更偏好具有典型男性和女性特征的面孔，但规模较小的社会群体并非如此(Dixson et al., 2017; Scott et al., 2014)，这可能是因为比起人口基数小的社会，在面对众多陌生面孔的大规模社会中，这种偏好可以通过刻板印象归因(拥有男子气概的人更有领导力)应对大量社会信息，同时在择偶方面也有着功能适应性。

有趣的是，刻板印象这种群体特征也可通过世代累积形成(Martin et al., 2014)。研究者用三种形状(如正方形)、三种颜色(如绿色)和三种线型(代表运动轨迹，如波浪线代表跳跃前进)的组合来模拟外星人形象，这些特征相互组合共有 27 个外星人形象(如一个正方形绿色脸会跳跃行进的外星人)。研究者还设置了 48 种品质属性(如保守、敏感、严肃等)，每个“外星人”被赋予其中 6 种品质属性。研究者首先呈现 27 个“外星人”中的 13 个及其属性让参与者进行学习。学习完毕后再呈现所有 27 个“外星人”，让参与者为每个“外星人”选择符合他们特点的 6 个属性，这些选择将作为参考资料传递给下一个参与者。研究采用了 12 条传递链，每条链 7 人。在传递链的末端，颜色维度里出现了一种简化后可学习的类似刻板印象的结构，比如红色代表想象力，绿色代表理智(Hutchison et al., 2018)。

其次，从微观角度看，社会身份对信息传递的直接影响体现在两个方面。一方面与个体的社会等级有关。根据社会等级双重演化模型(The dual evolutionary model of social hierarchy, Jiménez & Mesoudi, 2019)，社会等级可以基于声望、支配地位或两者的结合进行评定。已有微社会实证研究显示人们会更关注有声望的人(例如，成功者或贡献者)及其相关信息(Brand et al., 2020; Evans, 2016)。因此，研究者运用传递链设计探索了不同社会等级名声与信息保真度的关系，研究者编写了 3 个不同名声的足球运动员的故事，第一种名声被描述为球技娴熟，非常受队友钦佩(声望线索)。第二种名声被描述为性格专断，自认为球技很好(支配性线索)。第三种名声被描述为普通队员，球技处于中等水平(普通线索)。实验共有 30 条传递链，每条链 4 人，第一位参与者阅读并回忆了原始描述，其余参与者则收到上一代参与者回忆的信息。正如研究者预测的那样，声望线索和支配线索的故事都比普通线索故事在传递过程中保真度更高(Jiménez & Mesoudi, 2021)。

另一方面是信息在同一身份群体中更容易得到传播，因为同一群体成员往往拥有相同的目标，共同目标和合作行为被认为是有利于文化累积演化的(Tomasello et al., 2005; Tomasello & Moll, 2010)。在一项折纸任务中，研究者设置了两种条件，每种条件下 12 个小组，一个小组中有两个配对团体，每个团体 3 人。在第一种条件下，配对团体被告知对方团体与自己团体隶属于同一组织，在第二种条件下，配对团体被告知他们属于独立的两个组织。实验开始后，两个配对团体一方得到有效的折纸培训，而另一方则得到无效的折纸培训。培训结束后双方各进行折纸任务，在任务进行到一半时，配对团体的一名成员会被轮换到对方团体中继续进行任务直到结束。研究结果显示，在两种条件下轮换者分享知识的动机都很高，但是当两团体都隶属于同一组织时，有效知识更有可能转移到接受者团体(Kane et al., 2005)。也就是说，共同的社会身份使群体更容易接受新成员带来的知识。还有研究反向证明了此观点，研究人员构建了不同异质性程度的团体，让来自美国和澳大利亚的参与者根据自己的了解和一位虚拟“朋友”的建议，预测 4 位候选人谁会成为澳大利亚总理。研究者通过对预测数据进行迭代学习模型分析发现，美国参与者的预测主要来自猜测和“朋友”的建议，而澳大利亚参与者的预测主要来自对本国政治的分析；相比单一国家的参与者，当模型中同时包含美国与澳大利亚参与者时，参与者的预测行为变得难以估计(Navarro et al., 2018)，研究者对此的分析是，当团体的异质性太强时，团体中持有不同群体身份的个体会依据该身份赋予的经验形成各自的判断，从而影响了文化的累积发展。

总之，大规模群体中的个体会依据社会身份形成不同的社会小群体，同时社会身份有助于个体在不同社会背景下选择性接受和传播信息。群

体内部的信息传递越来越频繁地加速了群体各自文化特征的形成, 随着群体特征的出现, 群体之间逐渐显现的差异化也预示着文化多样性的发展。

小结: 本研究基于现有实证研究证据, 首先从复制、教学与创新角度探讨了累积文化演化的发生机制。其次, 从环境因素和主体因素两个方面总结了其边界条件。由此, 可绘制累积文化演化的内在机制框架图, 如图 1 所示。

4　研究展望

人类为什么产生了如此灿烂辉煌的文化, 延续几千年的文明是如何得以保存并延续, 使人类成为独特存在的物种的机制是什么? 累积文化演化至少从文化世代累积更迭的角度对此提供了解释路径, 虽然一些学者对该领域实证证据的合理性和充分性提出异议(Vaesen & Houkes, 2021), 也有不同取向的研究者在累积文化演化定义上存在分歧(Reindl et al., 2020), 但累积文化演化的解释效用还是得到了更大范围的支持。从心理学角度出发, 结合本土文化特征, 本研究认为可以重点从验证新的微社会实验范式、关注非技术文化领域研究和探索文化信息的不同传递方向三个方面着手推进相关领域的实证研究, 进一步明晰累积文化演化的发生机制和影响机制。

4.1　拓展实验范式: 单被试多任务实验法

在实验中探索累积文化演化的过程有助于了解文化在演化过程中的细节变化, 以及累积文化演化的适用范围及程度。目前该领域研究的总体思路是让参与者在不同实验室条件下完成特定不变的任务, 考虑到任务特征的可操作性, 除了上文提及的三种传统微社会研究方法(传递链法、置换法和固定组法)外, 该领域的研究者最近提出了第四种微社会实验范式——单被试多任务实验法(Caldwell, 2020; Caldwell et al., 2020)。

单被试多任务实验法指在不同任务特征背景下使用来自单人的多重数据进行传递结果的推断。在预想的实验中, 单个参与者将会接触一组信息, 这些信息对完成任务的帮助各不相同, 并以单个实验的形式对参与者呈现, 这也是它与早期单被试实验法的最大区别。在不同信息条件下参与者会产生一系列反应, 研究者最后从累积文化演化的角度对这些反应序列进行综合评估(Caldwell et al., 2020)。目前已有研究者对这一实验范式进行了初步验证。Reindl 等人(2020)运用累积文化拼图盒探索了儿童面对不同操作条件寻找奖励贴纸的过程。拼图盒机关被设置为难度逐渐上升的三个阶段, 每一阶段完成后才能进入下一阶段。第一阶段需要将门平推到一侧以获得一个

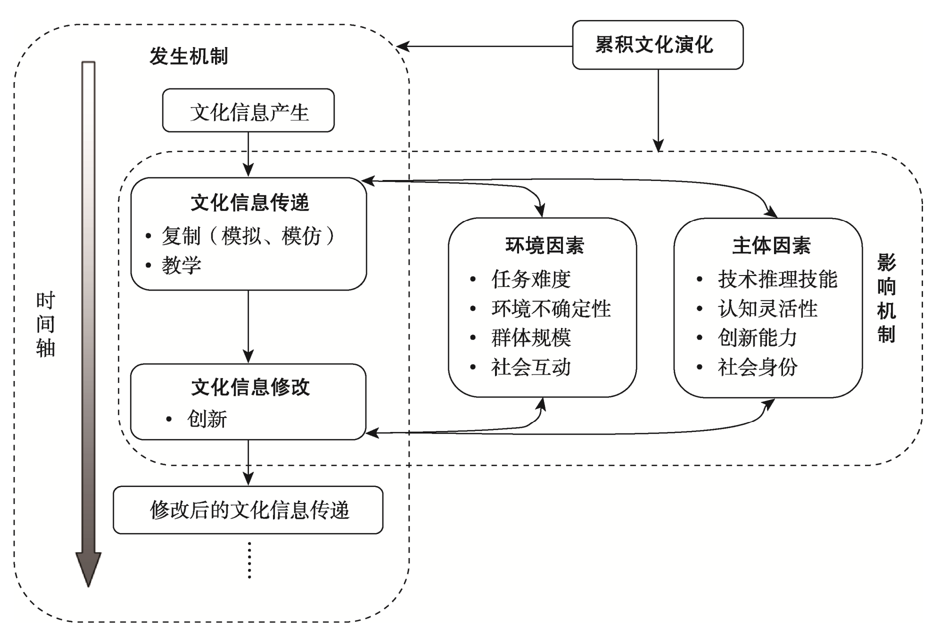


图 1　累积文化演化内在机制框架图
资料来源: 作者整理

小奖励，第二阶段需要按下按钮并同时侧推门以获得中等奖励，第三阶段需要顺时针转动表盘达 90 度及以上，并将门推到最远的位置，以获得最大奖励。研究结果显示，儿童在没有社会帮助的情况下通过反复操作能独立完成 3 阶段任务。还有研究者让 3~7 岁的参与者在一组 3×3 九宫格布局的 9 个盒子中寻找 3 个奖励。每次行动前参与者都会观看到示范者的操作，示范者会连续打开三个不同的盒子。由于示范者预先知道哪几个盒子内有奖励，所以示范者可以控制示范时的成功率，也就是说每一次面对任务时，参与者所获得的任务线索是不一样的。实验结果显示奖励得分随着年龄增长而增加，在较大年龄组中存在累积文化的趋势(Wilks et al., 2021)。

比起传统的微社会研究方法，单被试多任务实验法的突出优点是不需要大量被试，且因为实验对象为单个个体以及对任务线索的操控，所以能严格把控实验中的变量。其次，单被试多任务实验法能覆盖一些特殊的被试群体。因为该新方法强调对任务特征的操控且参与者之间无需传递信息，所以可在一些特殊群体中推行，比如非人类被试和人类幼儿。最后，该实验法有助于解决非社会性学习条件下的个人文化累积问题。

需要注意的是，这种方法对实验任务设计要求极高，任务性质会相对抽象，这可能会损害实验结果的生态效度。再有，在该实验法中信息是单向传输的，该方法不能解决涉及双向传输过程的一些问题，比如信息接收者的反馈、参与者之间的互动等。最后，单个被试在研究中的参与者疲劳效应也是该研究方法在实操中需要意识到的问题。

4.2 拓展研究领域：非技术文化领域的实证证据

非技术领域(口头传统文化、仪式或者风俗等)的实证研究不足是目前累积文化演化研究面临的一个问题(Vaesen & Houkes, 2021)。纵观非技术累积文化演化领域的研究可以发现，该领域的研究一是多采用非实验的方法论证，二是实验室证据相对技术领域而言较为有限。具体来看，首先，目前非技术累积文化演化领域的研究已有丰富的非实验室证据，如使用文化产品分析法，研究者发现民间故事的复杂性(故事类型的数量、故事主题的数量以及同类型不同版本数量)与人口规模之间并没有呈现一致的关系(Acerbi et al., 2017)。还有研究者分析了 1965 年至 2015 年间超过 160000 首歌曲中歌词的情感内容，结果显示歌曲中消极词语的频率随时间而增加，这种趋势可解释为文化传播中的内容偏差，即人们对此类歌曲有着某种心理偏好(Brand et al., 2019)。该领域其它非实验室研究涉及的主题包括服装(Wales, 2012)、烹饪(Lindenfors et al., 2015)、文学小说(Morin & Acerbi, 2017)、音乐(Allen et al., 2018)、宗教信仰和行为(Norenzayan et al., 2016)等。

其次，虽然目前累积文化演化的实验室研究在非技术领域涉及较少，但也取得了一些初步成果。Eriksson 和 Coultas (2014)研究了情绪与故事传递的关系。在实验中，他们以标准传递链实验法让参与者传递引起 4 种不同程度厌恶情绪的故事，每种故事有 10 条传递链，每条传递链 4 代人。经过 4 代传递后，研究者发现被参与者评级为高厌恶程度的故事比低厌恶程度的故事在传递中保真程度更高。其它故事类传递链研究发现消极或威胁性的信息能被更好地传递(Bebbington et al., 2017; Blaine & Boyer, 2018)。在语言文化的研究中，Kirby 等人(2015)让参与者学习一种新的语言，参与者两人一组，通过图形和字符串的配对材料进行语言学习。上一代参与者的对话会作为下一代参与者的练习材料。随着传递链的进行，研究者发现配对材料变得更具内部结构化和可预测性，也就是说语言变得更易学习和传递，这体现了语言的适应性变化(Tamariz & Kirby, 2016)。还有研究证据显示音乐文化与语言发展同样变得越来越结构化，Ravignani 等人(2016)设计了 6 条传递链，每条链由 8 人组成。每条链中第一代参与者被要求模仿随机生成的鼓声序列，然后第一代参与者的模仿成果将成为下一代的学习对象，该传递模式依次进行到最后一名参与者。随着传递链继续，通过感知和模仿先前传递者的鼓声序列，参与者将最初随机生成的鼓声序列在传递链末端转换为有节奏的结构化模式，即鼓声节奏变得更有条理，更易于学习。

总之，除了技术领域在实验室研究中能找到相对多的证据外，其它研究领域的累积文化演化结论大多由人类学家、社会学家或者考古学家在自然生态环境中得到，这样的结论不能完全剥离未知因素的影响，所以未来的研究，尤其是在文化心理学领域，一方面可以对其它领域的累积文

化演化结论进行验证，另一方面也可以挖掘本领域有价值的变量进行深入探索，比如有研究者通过创新研究方法(将传递链方法和经典信任博弈相结合)来研究人际信任，验证了人际信任中的坏苹果效应，即观察到第三者的不可信行为会破坏观察者的信任水平，随着传递链的运行，被破坏的信任水平有逐渐恢复的趋势(刘国芳　等，2021)。借鉴这种研究思路，未来研究者也可以采用微社会研究范式探索其它心理变量的累积性发展过程(如态度和价值观)。例如，研究儒家文化如何通过世代累积影响人们的思维和行为，这是在强调中华传统文化创造性转化背景下值得关注的一个方向。最近有研究者提出儒家道德记忆通过传承道统、诠释经典、知行合一等方式在中国文明史中不断延续的观点(韩玉胜，2021)，将来研究可以参考故事传递类型的微社会实验方法(Bebbington et al., 2017; Eriksson & Coultas, 2014)探索儒家道德记忆与社会责任意识、利他行为等的关系，也可以采用固定组法，以儒家经典为材料，探索儒家道德记忆是如何在群体中形成且发展起来的。

4.3　拓展传递方向：文化信息的上行传递

文化信息通过代代相传逐渐创造出稳定的文化系统，类比生物演化系统，文化被称为“第二继承系统” (Whiten, 2017)。文化信息可以向多个方向流动，目前累积文化演化的实验室研究关注到了三种流动方向，即从父母一辈到后代的垂直流动；从非父母一辈到年轻一辈的倾斜流动；同辈中的横向流动(Cavalli-Sforza & Feldman, 1981)。但需要注意的是，区别于生物信息只能向下传递，文化信息还可以向上传递，这在以往累积文化演化研究中往往被忽视了。

玛格丽特·米德(Mead, 1970)依照文化的传递方向，将文化划分为三种类型：前喻文化、并喻文化和后喻文化。前喻文化指晚辈向长辈学习，并喻文化是指同辈人之间的学习，后喻文化是指长辈反过来向晚辈学习。一般认为前喻文化是传统社会的基本特征(张积家　等，2013)，年轻一辈倾向于复制老一辈的文化以完成文化传承。但是随着社会发展，尤其是互联网的出现使信息更迭速度加快，长者的一些经验失去了传承价值，反而需要年轻一辈提供当前文化的新知识，比如家庭中儿女反过来教父母如何使用智能手机等。对此现象，国内学者提出了“文化反哺”概念(周晓虹，1988)。在定性研究中，研究者发现在高“文化反哺”家庭中，被“反哺”的长辈会拥有更多新知识，提高了他们对快速变迁社会的顺应能力，与此同时也加深了年轻一代的历史责任感，文化延续从来没有像今天这样明显地存在于代际间的沉浮与共之中(周晓虹，2000)。本质上，“文化反哺”恰好反映出文化信息的上行流动，但这种流动会导致文化特征出现多大程度的变化，以及其对累积文化演化的影响如何，还需要用定量的方法(特别是实验方法)进行关注和探索。

在研究设计方面，如何把信息的上行传递嵌套进实验室传递链设计中是一个需要思考的问题。Mackintosh (2020)提出了一种可供参考的实验设计，即通过增加相邻代际参与者之间的信息交流次数来探索信息上行传递对累积文化演化的影响。具体来说，在信息传递过程中，每代参与者都要进行几轮与“上一代”的沟通，先反馈自己的操作成果(第一代除外)以实现信息的向上传递，然后“上一代”又会根据反馈的信息给出后续信息以实现信息的向下传递。相邻两代的信息交流结束后，上一代退出，引入第三代，以此类推。在此实验设计中，参与者向上传递的信息数量和收到的反馈信息数量(交流次数)都是可控的，但是该操作需要保证下一代参与者接收到的信息数量与一般线性传递链实验组(可视为对照组)等价。可以预期的是，自下而上反馈的信息一是可以为上一代提供灵感素材，增加其在改进过程中产生文化创新的可能性，二是上一代可以根据下一代反馈的学习情况，使自上而下的信息传递更具针对性、更高效。从这两个角度看，上行传递信息的参与有可能对累积文化演化产生促进作用。总之，该实验设计简化模拟了现实生活中文化信息上行传递的过程，未来实证研究者可以在定性研究的基础上，从实验入手探讨文化信息的上行传递在累积文化演化中的价值与意义。

5　结语

文化演化是从演化论角度解释文化变迁过程与机制的核心概念。在 Winterhalder 和 Smith (2000)看来，早期的“二重传承理论” (Dual inheritance theory, Boyd & Richerson, 1985)表明文化信息的传递会受到传递环境(如自然选择)和传递者(如个

人决策)的不同程度影响。Mesoudi (2017)明确区分了文化演化的宏观和微观视角，前者指的是社会层面的长期文化演变，后者指在实验室条件下通过文化演化实验范式，具体描述文化信息在人与人之间被传递而产生变化的过程，这些实验室研究能帮助理解文化信息是如何传递的，以及在传递过程中发生了什么，并与宏观视角下的文化演化研究相互补充，共同探索社会文化变迁的广阔空间，进而深化对时代变局之下社会变迁的认知。

中华民族源远流长的历史留下了无数文化产品，如何从这些历史文化产品中回溯民族心理的发展过程，挖掘本民族的心理特征与内涵是在树立“文化自信”过程中需要直面的问题，同时，中国社会转型过程中的剧烈变迁和文化变化也促成了研究人们心理与行为变化的客观需要。从这个意义上看，累积文化演化的研究对探索中华民族文化发展历程、增强中华民族文化理解与认同、明晰社会变迁视角下文化演化的具体过程具有重要意义。在此基础上，中国的文化心理学研究者可以努力探索中华优秀传统文化在形成与发展过程中的规律，建立群体心理特征与各个文化因子的关联脉络，以此来推动实现中华民族的文化自信。

参考文献

蔡华俭，黄梓航，林莉，张明杨，王潇欧，朱慧珺，... 敬一鸣. (2020). 半个多世纪来中国人的心理与行为变化——心理学视野下的研究. *心理科学进展, 28*(10), 1599–1618.

蔡华俭，张明杨，包寒吴霜，朱慧珺，杨紫嫣，程曦，... 王梓西. (2023). 心理学视野下的社会变迁研究：研究设计与分析方法. *心理科学进展, 31*(2), 159–172.

陈维扬，谢天. (2020). 文化演化的认知视角——从个体社会学习出发探究文化动态性. *心理科学进展, 28*(12), 2137–2149.

韩玉胜. (2021). 儒家伦理传统与儒家道德记忆. *伦理学研究,* (5), 41–46.

黄梓航，敬一鸣，喻丰，古若雷，周欣悦，张建新，蔡华俭. (2018). 个人主义上升，集体主义式微?——全球文化变迁与民众心理变化. *心理科学进展, 26*(11), 2068–2080.

黄梓航，王俊秀，苏展，敬一鸣，蔡华俭. (2021). 中国社会转型过程中的心理变化：社会学视角的研究及其对心理学家的启示. *心理科学进展, 29*(12), 2246–2259.

姜永志，白晓丽. (2015). 文化变迁中的价值观发展：概念、结构与方法. *心理科学进展, 23*(5), 888–896.

刘国芳，辛自强，林崇德. (2021). 人际信任中的坏苹果效应及其传递. *心理与行为研究, 15*(5), 691–696.

辛自强，刘国芳. (2012). 文化进化的实验与非实验研究方法. *北京师范大学学报：社会科学版,* (3), 5–13.

张积家，王娟，肖二平，和秀梅. (2013). 文化和情境影响亲属词的概念结构. *心理学报, 45*(8), 825–839.

周晓虹. (1988). 试论当代中国青年文化的反哺意义. *青年研究,* (11), 22–26.

周晓虹. (2000). 文化反哺:变迁社会中的亲子传承. *社会学研究,* (2), 51–66.

Acerbi, A., Jacquet, P. O., & Tennie, C. (2012). Behavioral constraints and the evolution of faithful social learning. *Current Zoology, 58*(2), 307–318.

Acerbi, A., Kendal, J., & Tehrani, J. J. (2017). Cultural complexity and demography: The case of folktales. *Evolution and Human Behavior, 38*(4), 474–480.

Allen, J. A., Garland, E. C., Dunlop, R. A., & Noad, M. J. (2018). Cultural revolutions reduce complexity in the songs of humpback whales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285*(1891). http://doi.org/10.1098/rspb.2018.2088

Baldwin, D. A., & Moses, L. J. (1996). The ontogeny of social information gathering. *Child Development, 67*(5), 1915–1939.

Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge university press.

Baum, W. M., Richerson, P. J., Efferson, C. M., & Paciotti, B. M. (2004). Cultural evolution in laboratory microsocieties including traditions of rule giving and rule following. *Evolution and Human Behavior, 25*(5), 305–326.

Bebbington, K., MacLeod, C., Ellison, T. M., & Fay, N. (2017). The sky is falling: Evidence of a negativity bias in the social transmission of information. *Evolution and Human Behavior, 38*(1), 92–101.

Blaine, T., & Boyer, P. (2018). Origins of sinister rumors: A preference for threat-related material in the supply and demand of information. *Evolution and Human Behavior, 39*(1), 67–75.

Blakey, K. H., Rafetseder, E., Atkinson, M., Renner, E., Cowan-Forsythe, F., Sati, S. J., & Caldwell, C. A. (2021). Development of strategic social information seeking: Implications for cumulative culture. *Plos One, 16*(8), e0256605. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0256605

Bluet, A., Osiurak, F., Claidière, N., & Reynaud, E. (2022). Impact of technical reasoning and theory of mind on cumulative technological culture: Insights from a model of micro-societies. *Humanities and Social Sciences Communications, 9*(1). http://doi.org/10.1057/s41599-022-01251-z

Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and the evolutionary process*. Chicago: University of Chicago press.

Boyd, R., & Richerson, P. J. (1996). Why culture is common, but cultural evolution is rare. *Proceedings of the British*

Academy, 88, 77–93.

Brand, C. O., Acerbi, A., & Mesoudi, A. (2019). Cultural evolution of emotional expression in 50 years of song lyrics. *Evolutionary Human Sciences, 1,* e11. http://doi.org/10.1017/ehs.2019.11

Brand, C. O., Heap, S., Morgan, T. J. H., & Mesoudi, A. (2020). The emergence and adaptive use of prestige in an online social learning task. *Scientific Reports, 10*(1), 12095. http://doi.org/10.1038/s41598-020-68982-4

Brand, C. O., Mesoudi, A., & Smaldino, P. E. (2021). Analogy as a catalyst for cumulative cultural evolution. *Trends in Cognitive Sciences, 25*(6), 450–461.

Bromham, L., Hua, X., Fitzpatrick, T. G., & Greenhill, S. J. (2015). Rate of language evolution is affected by population size. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112*(7), 2097–2102.

Buskell, A. (2022). Cumulative culture and complex cultural traditions. *Mind & Language, 37*(3), 284–303.

Caldwell, C. A. (2020). Using experimental research designs to explore the scope of cumulative culture in humans and other animals. *Topics in Cognitive Science, 12*(2), 673–689.

Caldwell, C. A., Atkinson, M., Blakey, K. H., Dunstone, J., Kean, D., Mackintosh, G., ... Wilks, C. E. H. (2020). Experimental assessment of capacities for cumulative culture: Review and evaluation of methods. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science, 11*(1), e1516. http://doi.org/10.1002/wcs.1516

Caldwell, C. A., Atkinson, M., & Renner, E. (2016). Experimental approaches to studying cumulative cultural evolution. *Current Directions in Psychological Science, 25*(3), 191–195.

Caldwell, C. A., & Eve, R. M. (2014). Persistence of contrasting traditions in cultural evolution: Unpredictable payoffs generate slower rates of cultural change. *Plos One, 9*(6), e99708. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0099708

Caldwell, C. A., & Millen, A. E. (2008a). Studying cumulative cultural evolution in the laboratory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363*(1509), 3529–3539.

Caldwell, C. A., & Millen, A. E. (2008b). Experimental models for testing hypotheses about cumulative cultural evolution. *Evolution and Human Behavior, 29*(3), 165–171.

Caldwell, C. A., & Millen, A. E. (2009). Social learning mechanisms and cumulative cultural evolution: Is imitation necessary? *Psychological Science, 20*(12), 1478–1483.

Caldwell, C. A., & Millen, A. E. (2010). Conservatism in laboratory microsocieties: Unpredictable payoffs accentuate group-specific traditions. *Evolution and Human Behavior, 31*(2), 123–130.

Caldwell, C. A., Schillinger, K., Evans, C. L., & Hopper, L. M. (2012). End state copying by humans (Homo sapiens): Implications for a comparative perspective on cumulative culture. *Journal of Comparative Psychology, 126*(2), 161–169.

Cantor, M., Chimento, M., Smeele, S. Q., He, P., Papageorgiou, D., Aplin, L. M., & Farine, D. R. (2021). Social network architecture and the tempo of cumulative cultural evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 288*(1946), 20203107. http://doi.org/10.1098/rspb.2020.3107

Castro, L., & Toro, M. A. (2014). Cumulative cultural evolution: The role of teaching. *Journal of Theoretical Biology, 347*, 74–83.

Cavalli-Sforza, L., & Feldman, M. W. (1973). Models for cultural inheritance I. Group mean and within group variation. *Theoretical Population Biology, 4*(1), 42–55.

Cavalli-Sforza, L. L., & Feldman, M. W. (1981). *Cultural transmission and evolution: A quantitative approach*. Princeton: Princeton University Press.

Claidière, N., Amedon, G. K., André, J., Kirby, S., Smith, K., Sperber, D., & Fagot, J. (2018). Convergent transformation and selection in cultural evolution. *Evolution and Human Behavior, 39*(2), 191–202.

Creanza, N., Kolodny, O., & Feldman, M. W. (2017a). Cultural evolutionary theory: How culture evolves and why it matters. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114*(30), 7782–7789.

Creanza, N., Kolodny, O., & Feldman, M. W. (2017b). Greater than the sum of its parts? Modelling population contact and interaction of cultural repertoires. *Journal of the Royal Society Interface, 14*(130), 20170171. http://doi.org/10.1098/rsif.2017.0171

Csibra, G., & Gergely, G. (2011). Natural pedagogy as evolutionary adaptation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 366*(1567), 1149–1157.

Davis, S., Rawlings, B., Clegg, J. M., Ikejimba, D., Watson-Jones, R. E., Whiten, A., & Legare, C. H. (2022). Cognitive flexibility supports the development of cumulative cultural learning in children. *Scientific Reports, 12*(1), 14073. http://doi.org/10.1038/s41598-022-18231-7

Dawkins, R. (1976). *The selfish gene*. New York: Oxford University Press.

Dean, L. G., Kendal, R. L., Schapiro, S. J., Thierry, B., & Laland, K. N. (2012). Identification of the social and cognitive processes underlying human cumulative culture. *Science, 335*(6072), 1114–1118.

Dean, L. G., Vale, G. L., Laland, K. N., Flynn, E., & Kendal, R. L. (2014). Human cumulative culture: A comparative perspective. *Biological Reviews, 89*(2), 284–301.

de Oliveira, E., Reynaud, E., & Osiurak, F. (2019). Roles of

technical reasoning, theory of mind, creativity, and fluid cognition in cumulative technological culture. *Human Nature, 30*(3), 326–340.

Derex, M., Beugin, M., Godelle, B., & Raymond, M. (2013). Experimental evidence for the influence of group size on cultural complexity. *Nature, 503*(7476), 389–391.

Derex, M., Bonnefon, J., Boyd, R., & Mesoudi, A. (2019). Causal understanding is not necessary for the improvement of culturally evolving technology. *Nature Human Behaviour, 3*(5), 446–452.

Derex, M., & Boyd, R. (2015). The foundations of the human cultural niche. *Nature Communications, 6*(1), 8398. http://doi.org/10.1038/ncomms9398

Derex, M., & Boyd, R. (2016). Partial connectivity increases cultural accumulation within groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113*(11), 2982–2987.

Derex, M., Godelle, B., & Raymond, M. (2013). Social learners require process information to outperform individual learners. *Evolution, 67*(3), 688–697.

Derex, M., & Mesoudi, A. (2020). Cumulative cultural evolution within evolving population structures. *Trends in Cognitive Sciences, 24*(8), 654–667.

Derex, M., Perreault, C., & Boyd, R. (2018). Divide and conquer: Intermediate levels of population fragmentation maximize cultural accumulation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373*(1743), 20170062. http://doi.org/10.1098/rstb.2017.0062

Deutsch, M., & Gerard, H. B. (1955). A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *The journal of abnormal and social psychology, 51*(3), 629–636.

Dixson, B. J. W., Rantala, M. J., Melo, E. F., & Brooks, R. C. (2017). Beards and the big city: Displays of masculinity may be amplified under crowded conditions. *Evolution and Human Behavior, 38*(2), 259–264.

Dunstone, J., & Caldwell, C. A. (2018). Cumulative culture and explicit metacognition: A review of theories, evidence and key predictions. *Palgrave Communications, 4*(1), 1–11.

Eriksson, K., & Coultas, J. C. (2014). Corpses, maggots, poodles and rats: Emotional selection operating in three phases of cultural transmission of urban legends. *Journal of Cognition and Culture, 14*(1–2), 1–26.

Evans, C. (2016). *Empirical investigations of social learning, cooperation, and their role in the evolution of complex culture* (Unpublished doctorial dissertation). University of St Andrews.

Fay, N., de Kleine, N., Walker, B., & Caldwell, C. A. (2019). Increasing population size can inhibit cumulative cultural evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 116*(14), 6726–6731.

Fay, N., Ellison, T. M., Tylén, K., Fusaroli, R., Walker, B., & Garrod, S. (2018). Applying the cultural ratchet to a social artefact: The cumulative cultural evolution of a language game. *Evolution and Human Behavior, 39*(3), 300–309.

Fogarty, L. (2018). Cultural complexity and evolution in fluctuating environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373*(1743), 20170063. http://doi.org/10.1098/rstb.2017.0063

Fogarty, L., & Creanza, N. (2017). The niche construction of cultural complexity: Interactions between innovations, population size and the environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 372*(1735), 20160428. http://doi.org/10.1098/rstb.2016.0428

Fogarty, L., Strimling, P., & Laland, K. N. (2011). The evolution of teaching. *Evolution: International Journal of Organic Evolution, 65*(10), 2760–2770.

Galef Jr, B. G. (1988). Imitation in animals: History, definition, and interpretation of data from the psychological laboratory. In T. R. Zentall & B. G. Galef (Eds.), *Social learning: Psychological and biological perspectives* (pp. 3–28). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Garland, E. C., Garrigue, C., & Noad, M. J. (2022). When does cultural evolution become cumulative culture? A case study of humpback whale song. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 377*(1843), 20200313. http://doi.org/10.1098/rstb.2020.0313

Goldstein, T. R., & Winner, E. (2012). Enhancing empathy and theory of mind. *Journal of Cognition and Development, 13*(1), 19–37.

Gopnik, A., O'Grady, S., Lucas, C. G., Griffiths, T. L., Wente, A., Bridgers, S., ... Dahl, R. E. (2017). Changes in cognitive flexibility and hypothesis search across human life history from childhood to adolescence to adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114*(30), 7892–7899.

Greenfield, P. M. (2013). The changing psychology of culture from 1800 through 2000. *Psychological Science, 24*(9), 1722–1731.

Harrison, R. A., & Whiten, A. (2018). Chimpanzees (Pan troglodytes) display limited behavioural flexibility when faced with a changing foraging task requiring tool use. *Peerj, 6,* e4366. http://doi.org/10.7717/peerj.4366

Henrich, J. (2015). *The secret of our success: How culture is driving human evolution, domesticating our species, and making us smarter*. Princeton: Princeton University Press.

Hewlett, B. S., Fouts, H. N., Boyette, A. H., & Hewlett, B. L. (2011). Social learning among Congo Basin hunter-gatherers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B:*

Biological Sciences, 366(1567), 1168–1178.

Heyes, C. (2016). Who Knows? Metacognitive social learning strategies. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(3), 204–213.

Heyes, C. (2019). Précis of cognitive gadgets: The cultural evolution of thinking. *Behavioral and Brain Sciences, 42,* e169. http://doi.org/10.1017/S0140525X18002145

Heyes, C. M. (1993). Imitation, culture and cognition. *Animal Behaviour, 46*(5), 999–1010.

Hutchison, J., Cunningham, S. J., Slessor, G., Urquhart, J., Smith, K., & Martin, D. (2018). Context and perceptual salience influence the formation of novel stereotypes via cumulative cultural evolution. *Cognitive Science, 42*(S1), 186–212.

Jacobs, R. C., & Campbell, D. T. (1961). The perpetuation of an arbitrary tradition through several generations of a laboratory microculture. *The Journal of Abnormal and Social Psychology, 62*(3), 649–658.

Jiménez, Á. V., & Mesoudi, A. (2019). Prestige and dominance: A review of the dual evolutionary model of social hierarchy. Preprint at: http://doi.org/10.31234/osf.io/sh7mg

Jiménez, Á. V., & Mesoudi, A. (2021). The Cultural transmission of prestige and dominance social rank cues: An experimental simulation. *Evolutionary Psychological Science, 7*(2), 189–199.

Kane, A. A., Argote, L., & Levine, J. M. (2005). Knowledge transfer between groups via personnel rotation: Effects of social identity and knowledge quality. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 96*(1), 56–71.

Kendal, R. L., Boogert, N. J., Rendell, L., Laland, K. N., Webster, M., & Jones, P. L. (2018). Social learning strategies: Bridge-building between fields. *Trends in Cognitive Sciences, 22*(7), 651–665.

Kendal, R. L., Coolen, I., van Bergen, Y., & Laland, K. N. (2005). Trade-offs in the adaptive use of social and asocial learning. *Advances in the Study of Behavior, 35*, 333–379.

Kirby, S., & Tamariz, M. (2022). Cumulative cultural evolution, population structure and the origin of combinatoriality in human language. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 377*(1843), 20200319. http://doi.org/10.1098/rstb.2020.0319

Kirby, S., Tamariz, M., Cornish, H., & Smith, K. (2015). Compression and communication in the cultural evolution of linguistic structure. *Cognition*, 141, 87–102.

Kline, M. A. (2015). How to learn about teaching: An evolutionary framework for the study of teaching behavior in humans and other animals. *Behavioral and Brain Sciences, 38*. http://doi.org/10.1017/S0140525X14000090

Legare, C. H. (2019). The development of cumulative cultural learning. *Annual Review of Developmental Psychology, 1*(1), 119–147.

Legare, C. H., & Nielsen, M. (2015). Imitation and innovation: The dual engines of cultural learning. *Trends in Cognitive Sciences, 19*(11), 688–699.

Lehner, S. R., Burkart, J. M., & van Schaik, C. P. (2011). Can captive orangutans (Pongo pygmaeus abelii) be coaxed into cumulative build-up of techniques? *Journal of Comparative Psychology, 125*(4), 446–455.

Lewis, H. M., & Laland, K. N. (2012). Transmission fidelity is the key to the build-up of cumulative culture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367*(1599), 2171–2180.

Lindenfors, P., Envall, I., Isaksson, S., & Enquist, M. (2015). An empirical study of cultural evolution: The development of European cooking from medieval to modern times. *Cliodynamics, 6*(2), 115–129.

Lucas, A. J., Kings, M., Whittle, D., Davey, E., Happé, F., Caldwell, C. A., & Thornton, A. (2020). The value of teaching increases with tool complexity in cumulative cultural evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 287*(1939), 20201885. http://doi.org/10.1098/rspb.2020.1885

Mackintosh, G. (2020). *The role of mental state understanding in distinctively human cumulative cultural evolution* (Unpublished doctorial dissertation). University of Stirling.

Martin, D., Hutchison, J., Slessor, G., Urquhart, J., Cunningham, S. J., & Smith, K. (2014). The spontaneous formation of stereotypes via cumulative cultural evolution. *Psychological Science, 25*(9), 1777–1786.

McElreath, R., Lubell, M., Richerson, P. J., Waring, T. M., Baum, W., Edsten, E., ... Paciotti, B. (2005). Applying evolutionary models to the laboratory study of social learning. *Evolution and Human Behavior, 26*(6), 483–508.

Mead, M. (1970). *Culture and commitment: A study of the generation gap*. Garden City, NY: Natural History Press.

Mesoudi, A. (2008). An experimental simulation of the “copy-successful-individuals” cultural learning strategy: Adaptive landscapes, producer-scrounger dynamics, and informational access costs. *Evolution and Human Behavior, 29*(5), 350–363.

Mesoudi, A. (2016). Cultural evolution: A review of theory, findings and controversies. *Evolutionary Biology, 43*(4), 481–497.

Mesoudi, A. (2017). Pursuing Darwin’s curious parallel: Prospects for a science of cultural evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114*(30), 7853–7860.

Mesoudi, A., & O'Brien, M. J. (2008). The cultural transmission of Great Basin projectile-point technology I: An experimental simulation. *American Antiquity, 73*(1),

3–28.

Mesoudi, A., & Thornton, A. (2018). What is cumulative cultural evolution? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 285*(1880), 20180712. http://doi.org/10.1098/rspb.2018.0712

Mesoudi, A., & Whiten, A. (2008). The multiple roles of cultural transmission experiments in understanding human cultural evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363*(1509), 3489–3501.

Migliano, A. B., Battiston, F., Viguier, S., Page, A. E., Dyble, M., Schlaepfer, R., ... Vinicius, L. (2020). Hunter-gatherer multilevel sociality accelerates cumulative cultural evolution. *Science Advances, 6*(9), eaax5913. http://doi.org/10.1126/sciadv.aax5913

Miu, E., Gulley, N., Laland, K. N., & Rendell, L. (2020). Flexible learning, rather than inveterate innovation or copying, drives cumulative knowledge gain. *Science Advances, 6*(23), eaaz0286. http://doi.org/doi:10.1126/sciadv.aaz0286

Moffett, M. W. (2013). Human identity and the evolution of societies. *Human Nature, 24*(3), 219–267.

Morgan, T. J. H., Uomini, N. T., Rendell, L. E., Chouinard-Thuly, L., Street, S. E., Lewis, H. M., ... Laland, K. N. (2015). Experimental evidence for the co-evolution of hominin tool-making teaching and language. *Nature Communications, 6*(1). http://doi.org/10.1038/ncomms7029

Morin, O., & Acerbi, A. (2017). Birth of the cool: A two-centuries decline in emotional expression in Anglophone fiction. *Cognition and Emotion, 31*(8), 1663–1675.

Muthukrishna, M., & Henrich, J. (2016). Innovation in the collective brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 371*(1690). http://doi.org/10.1098/rstb.2015.0192

Muthukrishna, M., Shulman, B. W., Vasilescu, V., & Henrich, J. (2014). Sociality influences cultural complexity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 281*(1774). http://doi.org/10.1098/rspb.2013.2511

Navarro, D. J., Perfors, A., Kary, A., Brown, S. D., & Donkin, C. (2018). When extremists win: Cultural transmission via iterated learning when populations are heterogeneous. *Cognitive Science, 42*(7), 2108–2149.

Neiman, F. D. (1995). Stylistic variation in evolutionary perspective: Inferences from decorative diversity and interassemblage distance in Illinois Woodland ceramic assemblages. *American Antiquity, 60*(1), 7–36.

Nelson, M., Hegmon, M., Kulow, S., Peeples, M., Kintigh, K., & Kinzig, A. (2011). Resisting diversity: A long-term archaeological study. *Ecology and Society, 16*(1). http://doi.org/10.5751/ES-03887-160125

Norenzayan, A., Shariff, A. F., Gervais, W. M., Willard, A. K., McNamara, R. A., Slingerland, E., & Henrich, J. (2016). The cultural evolution of prosocial religions. *Behavioral and Brain Sciences, 39,* e1. http://doi.org/10.1017/S0140525X14001356

Osiurak, F., Cretel, C., Duhau-Marmon, N., Fournier, I., Marignier, L., de Oliveira, E., ... Reynaud, E. (2020). The pedagogue, the engineer, and the friend: From Whom Do We Learn? *Human Nature, 31*(4), 462–482.

Osiurak, F., de Oliveira, E., Navarro, J., Lesourd, M., Claidière, N., & Reynaud, E. (2016). Physical intelligence does matter to cumulative technological culture. *Journal of Experimental Psychology: General, 145*(8), 941–984.

Osiurak, F., de Oliveira, E., Navarro, J., & Reynaud, E. (2020). The castaway island: Distinct roles of theory of mind and technical reasoning in cumulative technological culture. *Journal of Experimental Psychology: General, 149*(1), 58–66.

Osiurak, F., Lasserre, S., Arbanti, J., Brogniart, J., Bluet, A., Navarro, J., & Reynaud, E. (2021). Technical reasoning is important for cumulative technological culture. *Nature Human Behaviour, 5*(12), 1643–1651.

Osiurak, F., & Reynaud, E. (2020). The elephant in the room: What matters cognitively in cumulative technological culture. *Behavioral and Brain Sciences, 43,* e156. http://doi.org/10.1017/S0140525X19003236

Perry, S., Carter, A., Smolla, M., Akçay, E., Nöbel, S., Foster, J. G., & Healy, S. D. (2021). Not by transmission alone: The role of invention in cultural evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 376*(1828), 20200049. http://doi.org/10.1098/rstb.2020.0049

Ravignani, A., Delgado, T., & Kirby, S. (2016). Musical evolution in the lab exhibits rhythmic universals. *Nature Human Behaviour, 1*(1). http://doi.org/10.1038/s41562-016-0007

Reindl, E., Gwilliams, A. L., Dean, L. G., Kendal, R. L., & Tennie, C. (2020). Skills and motivations underlying children's cumulative cultural learning: Case not closed. *Palgrave Communications, 6*(1), 106.

Richerson, P. J., & Boyd, R. (2005). *Not by genes alone: How culture transformed human evolution*. Chicago: University of Chicago Press.

Saldana, C., Fagot, J., Kirby, S., Smith, K., & Claidière, N. (2019). High-fidelity copying is not necessarily the key to cumulative cultural evolution: A study in monkeys and children. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 286*(1904), 20190729. http://doi.org/10.1098/rspb.2019.0729

Schimmelpfennig, R., Razek, L., Schnell, E., & Muthukrishna, M. (2022). Paradox of diversity in the collective brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B:*

Biological Sciences, 377(1843), 20200316. http://doi.org/10.1098/rstb.2020.0316

Scott, I. M., Clark, A. P., Josephson, S. C., Boyette, A. H., Cuthill, I. C., Fried, R. L., ... Penton-Voak, I. S. (2014). Human preferences for sexually dimorphic faces may be evolutionarily novel. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111*(40), 14388–14393. http://doi.org/10.1073/pnas.1409643111

Scott-Phillips, T. C. (2017). A (simple) experimental demonstration that cultural evolution is not replicative, but reconstructive—and an explanation of why this difference matters. *Journal of Cognition and Culture, 17*(1–2), 1–11.

Sinclair, N. C., Ursell, J., South, A., & Rendell, L. (2022). From Beethoven to Beyoncé: Do changing aesthetic cultures amount to "cumulative cultural evolution?". *Frontiers in Psychology, 12, 663397*. http://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.663397

Smaldino, P. E. (2019). Social identity and cooperation in cultural evolution. *Behavioural Processes, 161*, 108–116.

Tamariz, M., & Kirby, S. (2016). The cultural evolution of language. *Current Opinion in Psychology, 8*, 37–43.

Tan, R., & Fay, N. (2011). Cultural transmission in the laboratory: Agent interaction improves the intergenerational transfer of information. *Evolution and Human Behavior, 32*(6), 399–406.

Tennie, C., Call, J., & Tomasello, M. (2009). Ratcheting up the ratchet: On the evolution of cumulative culture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364*(1528), 2405–2415.

Thompson, B., van Opheusden, B., Sumers, T., & Griffiths, T. L. (2022). Complex cognitive algorithms preserved by selective social learning in experimental populations. *Science, 376*(6588), 95–98.

Tomasello, M. (1999). *The cultural origins of human cognition*. Cambridge, MA: Harvard university press.

Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., & Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences, 28*(5), 675–691.

Tomasello, M., Kruger, A. C., & Ratner, H. H. (1993). Cultural learning. *Behavioral and Brain Sciences, 16*(3), 495–511.

Tomasello, M., & Moll, H. (2010). The gap is social: Human shared intentionality and culture. In P. Kappeler & J. B. Silk (Eds.), *Mind the gap* (pp. 331–349). Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.

Tong, Y., Wang, F., & Danovitch, J. (2020). The role of epistemic and social characteristics in children's selective trust: Three meta-analyses. *Developmental Science, 23*(2), e12895. http://doi.org/10.1111/desc.12895

Vaesen, K., & Houkes, W. (2021). Is human culture cumulative? *Current Anthropology, 62*(2), 218–238.

Varnum, M. E. W., & Grossmann, I. (2017). Cultural change: The how and the why. *Perspectives on Psychological Science, 12*(6), 956–972.

Varnum, M. E. W., & Grossmann, I. (2021). The psychology of cultural change: Introduction to the special issue. *The American Psychologist, 76*(6), 833–837.

Wales, N. (2012). Modeling neanderthal clothing using ethnographic analogues. *Journal of Human Evolution, 63*(6), 781–795.

Wasielewski, H. (2014). Imitation is necessary for cumulative cultural evolution in an unfamiliar, opaque task. *Human Nature, 25*(1), 161–179.

Whiten, A. (2017). A second inheritance system: The extension of biology through culture. *Interface Focus, 7*(5), 20160142. http://doi.org/10.1098/rsfs.2016.0142

Whiten, A., Biro, D., Bredeche, N., Garland, E. C., & Kirby, S. (2022). The emergence of collective knowledge and cumulative culture in animals, humans and machines. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 377*(1843). http://doi.org/10.1098/rsfs. 2016.0142

Wilks, C. E. H., Rafetseder, E., Renner, E., Atkinson, M., & Caldwell, C. A. (2021). Cognitive prerequisites for cumulative culture are context-dependent: Children's potential for ratcheting depends on cue longevity. *Journal of Experimental Child Psychology, 204,* 105031. http://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.105031

Winterhalder, B., & Smith, E. A. (2000). Analyzing adaptive strategies: Human behavioral ecology at twenty-five. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews, 9*(2), 51–72.

Zwirner, E., & Thornton, A. (2015). Cognitive requirements of cumulative culture: Teaching is useful but not essential. *Scientific Reports, 5*(1), 16781. http://doi.org/10.1038/srep16781

Experimental evidence for internal mechanisms of cumulative cultural evolution

YANG Lei[1], CHEN Weiyang[2], BAI Baoyu[1], ZHONG Nian[1]

([1] *Department of Psychology, School of Philosophy, Wuhan University, Wuhan* 430072, *China*)

([2] *Research Institute of Social Development, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu* 611130, *China*)

Abstract: Cumulative Cultural Evolution (CCE) refers to the adaptive changes in efficiency, function, and complexity of human culture over time through multiple social transmissions and innovation among individuals or groups. A large number of studies have been conducted to explore the underlying mechanism of CCE in the laboratory through single-subject experiments, “microcultures” or “microsocieties” designs, and computer simulations. Copying, teaching, and innovation are three important foundations for CCE. Copying and teaching ensure that cultural information is transmitted with high fidelity. Innovation makes modified cultural information more adaptable. Cultural information is gradually accumulated in the repeated high-fidelity transmission and modification cycle. In general, the boundary conditions of CCE can be summarized into two aspects: environmental factors and subjective factors. The former mainly involves task difficulty, environmental uncertainty, group size, and social interaction; the latter mainly involves technical reasoning, cognitive flexibility, innovation ability, and social identity. Future research can verify the feasibility of the new paradigm (single subject multi-task design), conduct laboratory research on non-technological cultural evolution, and explore the value and significance of upward transmissions of cultural information in CCE in the context of the current phenomenon of “cultural feedback” in China.

Keywords: cumulative cultural evolution, cultural change, copying, teaching, innovation